

10/528357

Rec'd 597/PPO 18 MAR 2005

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

30.08.2004

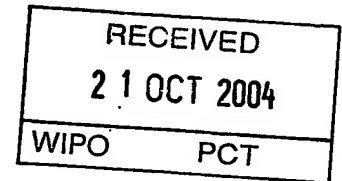
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 7 月 2 2 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 9 9 8 1 9  
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 9 9 8 1 9]

出 願 人  
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

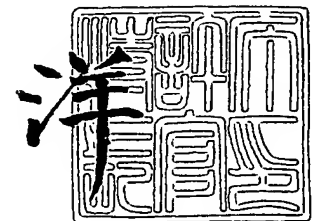


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 9 0 1 8 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 1033671

【提出日】 平成15年 7月22日

【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿

【国際特許分類】 F01L 1/18  
F01L 1/34  
F01L 13/00 301

【発明の名称】 内燃機関の気筒間バラツキ検出装置

【請求項の数】 8

【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
【氏名】 角岡 卓

【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
【氏名】 平工 恵三

【特許出願人】  
【識別番号】 000003207  
【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100099759  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 青木 篤  
【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】  
【識別番号】 100092624  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 鶴田 準一

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100102819

【弁理士】

【氏名又は名称】 島田 哲郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100112357

【弁理士】

【氏名又は名称】 廣瀬 繁樹

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0306635

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の気筒間バラツキ検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 吸気弁の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段を具備し、該開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており

、  
さらに、

前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒内の燃焼状態の指標を検出すると共にこれらの指標と基準値との偏差を気筒別に算出する算出手段と、

前記算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

【請求項 2】 吸気弁の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段を具備し、該開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており

、  
さらに、

前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒内の燃焼状態の指標を検出すると共にこれら指標と燃焼状態の指標の平均値との偏差を気筒別に算出する算出手段と、

前記算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

【請求項 3】 前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて燃料噴射量のバラツキを検出し、

前記第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて開弁特性のバラツキを検出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出

装置。

【請求項 4】 前記開弁特性設定手段によって設定される第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて開弁特性のバラツキを検出する際に、第一の開弁特性時に検出された各気筒毎の燃料噴射量のバラツキ量を補正することを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

【請求項 5】 前記検出装置にて気筒間のバラツキを検出する場合には、前記開弁特性設定手段によって設定される第一および第二の開弁特性時の運転条件が同じになるように制御されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

【請求項 6】 前記運転条件は回転数およびトルクである請求項 5 に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

【請求項 7】 前記検出装置にて気筒間のバラツキを検出する場合は内燃機関のアイドル状態にて実施することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

【請求項 8】 前記燃焼状態の指標は、内燃機関の空燃比、回転変動および燃焼圧のうちの少なくとも一つを含む請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の気筒間バラツキ検出装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関、特に気筒に流入する空気量を変更するための開弁特性設定手段を備えた内燃機関の気筒間における空気量のバラツキと燃料噴射量のバラツキとを検出する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年では、複数の気筒に設けられた吸気弁の作用角および／またはリフト量を含む開弁特性を可変とすることにより内燃機関の吸気量を制御する開弁特性制御装置の開発が進められている。このような内燃機関においては作用角および／またはリフト量を比較的小さく設定することによって従来の内燃機関よりもポンプ

損失を低減すると共に燃費の向上を図ることができる。（例えば、特許文献 1 を参照）。

#### 【0003】

##### 【特許文献 1】

特開 2002-155779 号公報

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、前述した開弁特性を変更する開弁特性制御装置を備えた内燃機関においても従来技術の内燃機関においても、気筒間における作用角および／またはリフト量が調整不良によってズレる場合、または気筒毎に異なる量のデポジットが各気筒の弁などに付着する場合が生じうる。ここで、前述した開弁特性制御装置を備えた内燃機関において開弁特性制御装置によって作用角および／またはリフト量を比較的小さく設定した場合には、調整不良などに基づく吸入空気量への変化量が気筒間において無視できない程度まで大きくなり、結果的にドラビリおよびエミッションにまで悪影響を及ぼす場合がある。従って、作用角および／またはリフト量をも含めた開弁特性のバラツキを気筒間において正確に検出する必要がある。

#### 【0005】

一方、気筒間における燃焼状態の指標の偏差は燃料噴射量のバラツキも含んでいる。このため、燃料噴射量の気筒間バラツキを考慮しないと、作用角および／またはリフト量を含む開弁特性のバラツキを正確に検出することはできない。従って、気筒間における燃料噴射量のバラツキが生じた場合には、これを正確に検出した上で開弁特性のバラツキを検出する必要がある。

#### 【0006】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、気筒間における開弁特性のバラツキと燃料噴射量のバラツキとの発生を検出することのできる内燃機関の気筒間バラツキ検出装置を提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

前述した目的を達成するために 1 番目に記載の発明によれば、吸気弁の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段を具備し、該開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており、さらに、前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒内の燃焼状態の指標を検出すると共にこれらの指標と基準値との偏差を気筒別に算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置が提供される。

#### 【0008】

すなわち 1 番目の発明によって、開弁特性バラツキを検出する際には、第二の開弁特性時において基準値に対する偏差を算出するだけでなく、第一の開弁特性時において基準値に対する偏差をも算出している。このように、異なる二つの開弁特性における燃焼状態の指標から各気筒の偏差を算出し、これら偏差を用いて補正することにより、気筒間のバラツキを正確に検出することが可能となる。

#### 【0009】

2 番目の発明によれば、吸気弁の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段を具備し、該開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており、さらに、前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒内の燃焼状態の指標を検出すると共にこれら指標と燃焼状態の指標の平均値との偏差を気筒別に算出する算出手段と、前記算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置が提供される。

#### 【0010】

すなわち 2 番目の発明によって、開弁特性バラツキを検出する際には、第二の開弁特性時において気筒間の平均値に対する偏差を算出するだけでなく、第一の

開弁特性時において気筒間の平均値に対する偏差をも算出している。このように、異なる二つの開弁特性における燃焼状態の指標から各気筒の偏差を算出し、これら偏差を用いて補正することにより、気筒間のバラツキを正確に検出することが可能となる。

#### 【0011】

3番目の発明によれば、1番目または2番目の発明において、前記開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて燃料噴射量のバラツキを検出し、前記第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて開弁特性のバラツキを検出する。

すなわち3番目の発明によって、開弁特性のバラツキだけでなく噴射量のバラツキの発生の有無をも検出することができる。

#### 【0012】

4番目の発明によれば、3番目の発明において、前記開弁特性設定手段によって設定される第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差にて開弁特性のバラツキを検出する際に、第一の開弁特性時に検出された各気筒毎の燃料噴射量のバラツキ量を補正する。

すなわち4番目の発明によって、燃料噴射量のバラツキを除いて開弁特性のバラツキを正確に検出することが可能となる。

#### 【0013】

5番目の発明によれば、1番目から4番目のいずれかの発明において、前記検出装置にて気筒間のバラツキを検出する場合には、前記開弁特性設定手段によって設定される第一および第二の開弁特性時の運転条件が同じになるように制御される。

#### 【0014】

すなわち5番目の発明においては、燃焼状態の指標をほぼ同じにすることによりより正確にバラツキを補正・検出することができるために運転条件を同じにするようにしており、これにより、1番目から5番目の発明とほぼ同様の作用および効果を得ることができる。

#### 【0015】



6 番目の発明によれば、5 番目の発明において、前記運転条件は回転数およびトルクである。

すなわち 6 番目の発明によって、1 番目から 5 番目の発明とほぼ同様の作用および効果を得ることができる。

#### 【0016】

7 番目の発明によれば、5 番目または 6 番目の発明において、前記検出装置にて気筒間のバラツキを検出する場合は内燃機関のアイドル状態にて実施する。

すなわち 7 番目の発明によって、検出の頻度および検出性の良さ（回転変動が大きく出る）のためにアイドル状態にて検出することがより望ましく、これにより、1 番目から 6 番目の発明とほぼ同様の作用および効果を得ることができる。

#### 【0017】

8 番目の発明によれば、1 番目から 2 番目のいずれかの発明において、前記燃焼状態の指標は、内燃機関の空燃比、回転変動および燃焼圧のうちの少なくとも一つを含む。

すなわち 8 番目の発明によって、比較的簡単な構成によって開弁特性のバラツキおよび燃料噴射量のバラツキの有無を正確に検出することができる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の図面において同一の部材には同一の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これら図面は縮尺を適宜変更している。

図 1 は本発明の気筒間バラツキ検出装置が搭載された火花点火式内燃機関の断面図であり、図 2 は図 1 に示した内燃機関の吸気系等を含めた概略構成図である。なお、本発明の気筒間バラツキ検出装置は筒内噴射型の火花点火式内燃機関や圧縮自着火式のディーゼル内燃機関にも搭載可能である。

#### 【0019】

図 1 及び図 2 を参照すると、機関本体 1 はシリンダブロック 2 と、このシリンダブロック 2 内で往復動するピストン 3 と、シリンダブロック 2 上に取付けられたシリンダヘッド 4 とを具備する。また、シリンダヘッド 4 には点火栓 5 が設

けられている。シリンダブロック 2 には後述するように四つの気筒 5 が形成され、各気筒 5 内にはシリンダブロック 2、ピストン 3、シリンダヘッド 4 によって画成される燃焼室 6 が形成される。

#### 【0020】

各燃焼室 6 はシリンダヘッド 4 内に形成された吸気ポート 7 および排気ポート 8 に通じている。燃焼室 6 と吸気ポート 7 との間には吸気弁 9 が配置され、吸気弁 9 は燃焼室 6 と吸気ポート 7 との間の流路を開閉している。一方、燃焼室 6 と排気ポート 8 との間に排気弁 10 が配置され、排気弁 10 は燃焼室 6 と排気ポート 8 との間の流路を開閉している。吸気弁 9 は、後述する伸介駆動機構 11 とロッカーアーム 12 とを介して吸気カム 13 によってリフトされ、排気弁 10 はロッカーアーム 14 を介して排気カム 15 によってリフトされる。吸気カム 13 は吸気カムシャフト 16 に取付けられ、一方、排気カム 15 は排気カムシャフト 17 に取付けられる。

#### 【0021】

電子制御ユニット (ECU) 27 は、リードオンリメモリ (ROM)、ランダムアクセスメモリ (RAM)、マイクロプロセッサ (CPU)、入力ポート、出力ポートを相互に双方向性バスで接続した公知の構成のマイクロコンピュータから構成される。ECU 27 にはエアフローメータ 19 の他、アクセルペダルの踏み量 (以下、「アクセル踏み量」と言う) に比例した出力電圧を発生する負荷センサ 29 やクランクシャフトが例えば  $30^{\circ}$  回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ 30 等の各種センサが接続される。また、点火栓 55 や燃料噴射弁 (不図示)、スロットル弁 56 等も接続されその作動が制御される。本実施形態において、スロットル弁 56 の開度はアクセル踏み量とは無関係に変更することができ、スロットル弁開度を調整することで吸気圧が制御される。更に ECU 27 は、後述するように伸介駆動機構 11 を含んで構成される開弁特性制御装置 57 とともに信号をやり取りして開弁特性制御装置 57 の制御を行い、吸気弁 9 の開弁特性である作用角及びリフト量の制御も行う。なお、図 2 において、52 は吸気管、53 はサージタンクを示している。

#### 【0022】

図2に示したように、本実施形態における内燃機関1は四気筒であり、その排気通路は、まず第一気筒(#1)からの排気通路41と第四気筒(#4)からの排気通路44、並びに第二気筒(#2)からの排気通路42と第三気筒(#3)からの排気通路43が夫々合流して二つの排気通路45、46となり、その後これらが合流して一つの排気通路47となっている。そして、第一気筒からの排気通路41と第四気筒からの排気通路44とが合流した部分、すなわち二つになった排気通路45、46のうちの一方の排気通路45には第一空燃比センサ58aが設けられている。同様に、第二気筒からの排気通路42と第三気筒からの排気通路43とが合流した部分、すなわち二つになった排気通路45、46のうちの一方の排気通路46には第二空燃比センサ58bが設けられている。これらの空燃比センサ58a、58bはECU27に接続されており、検出した空燃比の情報がECU27に供給されるようになっている。また、排気通路が一つとなった部分47には排気浄化装置59が設けられている。

#### 【0023】

次に、図3および図4を参照して、上記仲介駆動機構11及びそれを含んで構成される開弁特性制御装置57について説明する。図3は上記仲介駆動機構11の斜視図であり、図4は上記開弁特性制御装置57の概略構成を示す説明図である。ここで上記仲介駆動機構11は特開2001-263015号公報に記載された仲介駆動機構と同様な構成を有するものであり、いわゆる揺動カム機構として既に公知のものであるので、以下では簡単に説明する。図3に示した仲介駆動機構11は内燃機関の気筒毎に設けられる。したがって、四気筒の内燃機関の場合である本実施形態では、四つの仲介駆動機構11を有することになる。

#### 【0024】

仲介駆動機構11は円筒形の入力部21と、この入力部21の軸線方向において入力部21の一方の側に配置される円筒形の第一揺動カム22と、入力部21の軸線方向において入力部21の上記一方の側とは反対側に配置される円筒形の第二揺動カム23とを具備する。これら入力部21、揺動カム22、23はその軸線を中心として軸線方向に延びる円筒状の貫通孔を有し、この貫通孔を支持パイプ24が貫通する。入力部21、揺動カム22、23はそれぞれ支持パイプ2

4によって支持され、且つそれぞれ支持パイプ24を中心に回転することができ、支持パイプ24はシリンダヘッド4に固定される。また、支持パイプ24はその軸線を中心として軸線方向に延びる円筒状の貫通孔を有し、この貫通孔を制御シャフト25が貫通する。制御シャフト25は支持パイプ24の貫通孔内で、支持パイプ24の軸線方向に摺動可能である。

#### 【0025】

入力部21の外周面からは入力部21の径方向に向かってアーム21a、21bが延び、これらアーム21a、21bの先端の間にローラ21cが配置される。ローラ21cは、図1に示したように吸気カム13のカム面13aに当接し、これにより入力部21はカム面13aの形状に応じて支持パイプ24周りで回転する。一方、揺動カム22、23の外周面からは揺動カム22、23の径方向に向かってノーズ22a、23aが延び、これらノーズ22a、23aはロッカーアーム12に当接可能である。

#### 【0026】

さらに、入力部21および揺動カム22、23と制御シャフト25との間はある制御機構（不図示）によって結合されている。この制御機構は、制御シャフト25を支持パイプ24に対して相対的に移動させると、入力部21と揺動カム22、23とを互いに反対方向に回転させるように構成されている。特に、本実施形態では、制御シャフト25を支持パイプ24に対して方向D<sub>1</sub>に移動させると、入力部21のローラ21cと揺動カム22、23のノーズ22a、23aとの間の相対角度が大きくなるように入力部21と揺動カム22、23とが回転し、制御シャフト25を支持パイプ24に対して上記方向D<sub>1</sub>とは反対向きの方向D<sub>2</sub>に移動させると、入力部21のローラ21cと揺動カム22、23のノーズ22a、23aとの間の相対角度が小さくなるように入力部21と揺動カム22、23とが回転する。ローラ21cとノーズ22a、23aとの相対角度が大きくなると、ローラ21cとノーズ22a、23aとの間隔が長くなり、逆にローラ21cとノーズ22a、23aとの相対角度が小さくなるとローラ21cとノーズ22a、23aとの間隔が短くなる。

#### 【0027】

一方、図 1 からわかるように、吸気弁 9 が吸気カム 13 によってリフトされる量はローラ 21 c とノーズ 22 a、23 a との間隔によって変わる。すなわち、ローラ 21 c とノーズ 22 a、23 a との間隔が長くなると、ローラ 21 c が吸気カム 13 のカム山部 13 b と当接するときに、ノーズ 22 a、23 a が吸気弁 9 をリフトする期間が長くなると共にリフトする量が多くなる。逆に、ローラ 21 c とノーズ 22 a、23 a との間隔が短くなると、ローラ 21 c が吸気カム 13 のカム山部 13 b と当接するときに、ノーズ 22 a、23 a が吸気弁 9 をリフトする期間が短くなると共にリフトする量も少なくなる。すなわち、ローラ 21 c とノーズ 22 a、23 a との間隔が長くなると、吸気弁 9 の作用角が大きくなると同時に吸気弁 9 のリフト量も大きくなり、一方、ローラ 21 c とノーズ 22 a、23 a との間隔が短くなると、吸気弁 9 の作用角が小さくなると同時に吸気弁 9 のリフト量も小さくなる。

#### 【0028】

したがって、仲介駆動機構 11 では、制御シャフト 25 を第一方向  $D_1$  に移動させると、吸気弁 9 の作用角が大きくなると同時に吸気弁 9 のリフト量も大きくなり、制御シャフト 25 を第二方向  $D_2$  に移動させると吸気弁 9 の作用角が小さくなると同時に吸気弁 9 のリフト量も小さくなる。なお、本実施形態では、このように開弁特性である作用角とリフト量に一定の関係があるが、他の実施形態では開弁特性として作用角のみあるいはリフト量のみを変更するようにしても良い。

#### 【0029】

上述したように本実施形態は四気筒の内燃機関の場合であるので、上記仲介駆動機構 11 を四つ有している。四つの仲介駆動機構 11 は図 4 に示したように直列に並べて配置され、全ての仲介駆動機構 11 が一つの支持パイプ 24 と一つの制御シャフト 25 上に設けられる。したがって、開弁特性制御装置 57 が正常に作動している場合には、全気筒で同様な開弁特性を得ることができる。

#### 【0030】

図 4 に示したように、上記制御シャフト 25 の一方の端部には電動アクチュエータ 26 が連結され、これによって制御シャフト 25 の位置が制御できるように

なっている。この電動アクチュエータ 26 は ECU 27 に接続されており、これによって制御される。つまり、本実施形態では ECU 27 により電動アクチュエータ 26 を制御して制御シャフト 25 の位置をその軸線方向に移動することができ、これによって、ローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔を変化させて吸気弁 9 の開弁特性である作用角とリフト量を連続的に制御することができる。

#### 【0031】

制御シャフト 25 の他方の端部近傍には、制御シャフト 25 の軸線方向の位置を検出するための位置センサ 28 が配置される。この位置センサ 28 により制御シャフト 25 の位置を検出することができる。この位置センサ 28 は ECU 27 に接続されており、位置センサ 28 により検出された制御シャフト 25 の位置の情報が ECU 27 に供給される。なお、上述したように本実施形態においては、制御シャフト 25 の位置を制御することでローラ 21c とノーズ 22a、23a との間隔を変化させ、それによって吸気弁 9 の開弁特性である作用角とリフト量を制御するので、上記位置センサ 28 は、上記開弁特性を検出する開弁特性センサであると言える。

#### 【0032】

本実施形態の内燃機関では、以上のような構成において、各種センサからの信号に基づいて ECU 27 によって燃料噴射量制御、点火時期制御、吸気量制御等の各種制御が実施される。特に吸気量制御については、より詳細には ECU 27 が上記開弁特性制御装置 57 と上記スロットル弁 56 の両方を制御することによって行われる。すなわち、本実施形態では上記開弁特性制御装置 57 により吸気弁 9 の開弁特性である作用角とリフト量を連続的に制御することができ、また、スロットル弁 56 により吸気圧を制御することができるので、通常は開弁特性（リフト量、作用角）と吸気圧とを協調制御することによって吸気量が制御される。

#### 【0033】

図 5 は本発明における内燃機関の気筒間バラツキ検出装置の動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。図 5 に示されるプログラム 100 は吸気量が一定となる通常運転の場合、例えば暖機後のアイドリング運転時に ECU

27によって実施される。プログラム100のステップ101においては開弁特性を第一の開弁特性（以下、第一開弁特性と言う）とした時の燃焼状態の指標、すなわち燃焼状態に関連して変動する指標（以下、「燃焼状態の指標」または「指標」と称する） $Xf_n$ が気筒毎に検出される（以下、第一開弁特性における第一気筒の燃焼状態の指標を $Xf_1$ と示し、第二、第三、第四気筒の上記指標をそれぞれ $Xf_2$ 、 $Xf_3$ 、 $Xf_4$ と示す。また、これらをまとめて示す場合には $Xf_n$ と示す）。この第一開弁特性には作用角および／またはリフト量が比較的大きい場合であって、開弁特性のバラツキが無視できる程度に小さい場合が選択される。従って、第一開弁特性時には吸気量は比較的多くなる。なお、開弁特性制御装置によって作用角とリフト量の一方のみを制御する実施形態の場合には作用角またはリフト量が比較的大きい場合とされる。

#### 【0034】

ここで、燃焼状態の指標について説明する。図6（a）および図6（b）ならびに図7（a）および図7（b）はそれぞれ本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、これら図面内にはそれぞれ機関回転数変動、クランク角が $90^\circ$ 回転するのに要する時間（以下、「 $T90$ 」と称する）、排気空燃比（以下、適宜「 $A/F$ 」と称する）および筒内圧力が示されている。

#### 【0035】

はじめに図6（a）に示されるように機関回転数変動を燃焼状態の指標とした場合について説明する。機関回転数変動については、クランク角センサ30からの信号に基づき機関回転数の経時変化が求められるので、これをクランク角度との関係で解析することにより各気筒における爆発に対応する回転数の変動（例えば各気筒における点火直前の機関回転数と点火後のピーク回転数との差）を求めることができる。そしてこの値を各気筒に対応する機関回転数変動とすることができる。図6（a）においては縦軸はクランク角速度を示しており、横軸は上死点TDCからのクランク角度を示している。図6（a）に示す実線YA0は正常運転の際のクランク角速度を示しており、二つの点線YA1、YA2は通常運転時からそれぞれ遅角側および進角側にずれた場合のクランク角速度を示している。図6（a）に示されるように、実線YA0および点線YA1、YA2における

上死点 TDC から  $90^\circ$  までのクランク角速度の変位をそれぞれ機関回転数変動  $XA0$ 、 $XA1$ 、 $XA2$  として示す。ここで、 $XA0$  は後述する基準値  $X$  に相当する。さらに、通常運転時における機関回転数変動  $XA0$  と遅角側にある際の機関回転数変動  $XA1$  との差を  $\Delta XA1$ 、通常運転時における機関回転数変動  $XA0$  と進角側にある際の機関回転数変動  $XA2$  との差を  $\Delta XA2$  で示す。機関回転数変動を燃焼状態の指標として採用する際には、図 5 のステップ 101 における指標  $Xfn$  は図 6 (a) における  $XA1$ 、 $XA2$  に相当する。また、後述するステップ 104 における開弁特性を変更した場合の指標  $Xsn$  も図 6 (a) における  $XA1$ 、 $XA2$  に相当する。

#### 【0036】

同様に図 6 (b) に示されるようにクランク角が  $90^\circ$  回転するのに要する時間である  $T90$  を燃焼状態の指標として採用する場合について説明する。これら  $T90$  は図 2 に示されるクランク角センサ 30 により得られたクランク角より ECU 27 にて算出される。図 6 (b) においては縦軸はピストン 3 の位置を示しており、上死点 TDC と下死点 BDC とが一点鎖線により示されている。図 6 (b) の横軸は上死点 TDC からの時間を示している。図 6 (b) に示す実線  $YB0$  は正常運転の際のピストン 3 の位置を示しており、二つの点線  $YB1$ 、 $YB2$  は通常運転時からそれぞれ時間遅れ側および時間進み側にずれた場合のピストン 3 の位置を示している。図 6 (b) において上死点 TDC と下死点 BDC との間の中心には上死点 TDC からのクランク角度  $90^\circ$  におけるピストン 3 の位置が点線により示されている。図 6 (b) に示されるように、実線  $YB0$  および点線  $YB1$ 、 $YB2$  における上死点 TDC から  $90^\circ$  までの変位である  $T90$  をそれぞれ  $XB0$ 、 $XB1$ 、 $XB2$  で示す。ここで、 $XB0$  は後述する基準値  $X$  に相当する。さらに、通常運転時における変位  $XB0$  と時間遅れ側にある際の  $T90$  である  $XB1$  との差を  $\Delta XB1$ 、通常運転時における変位  $XB0$  と時間進み側にある際の  $T90$  である  $XB2$  との差を  $\Delta XB2$  で示す。図 6 (b) にはクランク角が  $90^\circ$  回転するのに要する時間である  $T90$  が示されているが、クランク角が例えば  $120^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $360^\circ$  回転するのに要する時間  $T120$ 、 $T180$ 、 $T360$  等を採用する際も本発明の範囲に含まれるものとする。 $T90$  を燃



焼状態の指標として採用する際には、図5のステップ101における指標 $X_{fn}$ は図6(b)における $XB1$ 、 $XB2$ に相当する。また、後述するステップ104における開弁特性を変更した場合の指標 $X_{sn}$ も図6(b)における $XB1$ 、 $XB2$ に相当する。

#### 【0037】

次いで図7(a)を用いて空燃比 $A/F$ を燃焼状態の指標として採用する場合について説明する。空燃比については、本実施形態では上述したように排気系に二つの空燃比センサ58a、58bが設けられているので、これらによって検出される空燃比の経時変化をクランク角度との関係で解析することにより各気筒における空燃比を求めることができる。なお、気筒毎の排気通路41、42、43、44にそれぞれ空燃比センサを設け、それによって気筒毎の空燃比を求めるようにしてもよい。図7(a)においては縦軸は空燃比 $A/F$ を示しており、横軸はクランク角度を示している。図7(a)に示す実線 $YC0$ は正常運転の際の空燃比 $A/F$ を示しており、二つの点線 $YC1$ 、 $YC2$ は通常運転時からそれぞれリーン側およびリッチ側にずれた場合の空燃比 $A/F$ を示している。図7(a)に示されるように、実線 $YC0$ および点線 $YC1$ 、 $YC2$ において或るクランク角度における空燃比 $A/F$ をそれぞれ $XC0$ 、 $XC1$ 、 $XC2$ で示す。ここで、 $XC0$ は後述する基準値 $X$ に相当する。さらに、通常運転時における空燃比 $XC0$ とリッチ側にある際の空燃比 $XC1$ との差を $\Delta XC1$ 、通常運転時における空燃比 $XC0$ とリーン側にある際の空燃比 $XC2$ との差を $\Delta XC2$ で示す。空燃比を燃焼状態の指標として採用する際には、図5のステップ101における指標 $X_{fn}$ は図7(a)における $XC1$ 、 $XC2$ に相当する。また、後述するステップ104における開弁特性を変更した場合の指標 $X_{sn}$ も図7(a)における $XC1$ 、 $XC2$ に相当する。

#### 【0038】

同様に図7(b)を用いて筒内圧力を燃焼状態の指標として採用する場合について説明する。図7(b)においては縦軸は筒内圧力を示しており、横軸はクランク角度を示している。図7(b)に示す実線 $YD0$ は正常運転の際の筒内圧力を示しており、二つの点線 $YD1$ 、 $YD2$ は通常運転時からそれぞれ高圧側およ

び低圧側にずれた場合の筒内圧力を示している。図7 (b) に示されるように、実線Y D 0 および点線Y D 1、Y D 2 において気筒内最大圧力（燃焼圧）が得られるときの筒内圧力をそれぞれX D 0、X D 1、X D 2 で示す。ここで、X D 0 は後述する基準値X に相当する。さらに、通常運転時における筒内圧力X D 0 と高圧側にある際の筒内圧力X D 1 との差を $\Delta X D 1$ 、通常運転時における筒内圧力X D 0 と低圧側にある際の筒内圧力X D 2 との差を $\Delta X D 2$  で示す。筒内圧力を燃焼状態の指標として採用する際には、図5のステップ101における指標X f n は図7 (b) におけるX D 1、X D 2 に相当する。また、後述するステップ104における指標X s n も開弁特性を変更した場合に図7 (b) におけるX D 1、X D 2 に相当する。

#### 【0039】

このように本発明においては燃焼状態の指標として、機関回転数変動、T 9 0、空燃比、および筒内圧力（燃焼圧）を採用することができ、これにより、後述するように比較的簡単な構成によって開弁特性のバラツキの有無を正確に検出することができる。また、これらのうちの複数の指標を同時に検出して、それぞれを上記燃焼状態の指標として用いるようにしてもよい。

#### 【0040】

図5に示されるステップ101において気筒毎に第一開弁特性での上記のような燃焼状態の指標X f n が検出されると、ステップ102に進む。ステップ102においては、ステップ101において得られた上記指標X f n とその指標について予め定めた基準値X f r との差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ）の絶対値が算出され、この差の絶対値が所定の値C 1 より大きいか否かが判定される。この基準値X f r は、その燃焼状態の指標に関して各運転状態における正常な値もしくは目標とする値であって、事前に実験等によって求めマップ化してE C U 2 7 に記憶させておく。すなわち、例えば機関回転数、アクセル開度等からその時の燃焼状態の指標の基準値X f r が得られるようにしておく。また、上記ステップ101における所定の値C 1 はゼロより大きい値である。図8 (a) は所定の値C 1 のマップを示す図であり、図8 (a) に示されるように、所定の値C 1 は負荷L および機関回転数N の関数としてマップの形でE C U 2 7

内に記憶されている。ECU27において、指標 $Xf_n$ と基準値 $Xf_r$ との差の絶対値 ( $|Xf_n - Xf_r|$ ) が所定の値 $C1$ よりも大きいと判定された場合にはステップ103に進み、この差の絶対値 ( $|Xf_n - Xf_r|$ ) が所定の値 $C1$ よりも小さいと判定された場合にはステップ104に進む。なお、所定の基準値 $Xf_r$ が指標 $Xf_1$ から $Xf_4$ までの平均値 $Xf_{avg}$  ( $=\Sigma Xf_n / n$ ) であってもよい。

#### 【0041】

ステップ103においてはステップ101において得られた上記指標 $Xf_n$ とその指標について予め定めた基準値 $Xf_r$ との差 (より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ)  $\Delta Xf_n$ が気筒毎に算出される。この基準値 $Xf_r$ は、その燃焼状態の指標に関して各運転状態における正常な値もしくは目標とする値であって、事前に実験等によって求めマップ化してECU27に記憶させておく。すなわち、例えば機関回転数、アクセル開度等からその時の燃焼状態の指標の基準値 $Xf_r$ が得られるようにしておく。ステップ103により、各気筒 (第一から第四気筒) の燃焼状態の指標 $Xf_n$ と基準値 $Xf_r$ との差 (すなわち、気筒毎偏差)  $\Delta Xf_n$  (つまり、 $\Delta Xf_1 = Xf_1 - Xf_r$ 、 $\Delta Xf_2 = Xf_2 - Xf_r$ 、 $\Delta Xf_3 = Xf_3 - Xf_r$ 、 $\Delta Xf_4 = Xf_4 - Xf_r$ ) が得られる。第一の開弁特性時における指標 $Xf_n$ は後述するように燃料噴射量のバラツキの影響を表しているので、基準値 $Xf_r$ からの偏差 $\Delta Xf_n$ を算出することによって燃料噴射量のバラツキが分かる。

#### 【0042】

本実施形態では、図6 (a) から図7 (b) において通常運転時における値、例えば $XA0$ が基準値 $Xf_r$ に相当している。そしてこの $XA0$ と各気筒における値、例えば $XA1$ との差、例えば $\Delta XA1$ が、偏差 $\Delta Xf_n$ として算出される。従って、図6 (a) における $\Delta XA1$ 、 $\Delta XA2$ がステップ103における偏差 $\Delta Xf_n$ に相当する。同様に図6 (b) における $\Delta XB1$ 、 $\Delta XB2$ 、図7 (a) における $\Delta XC1$ 、 $\Delta XC2$ 、および図7 (b) における $\Delta XD1$ 、 $\Delta XD2$ も偏差 $\Delta Xf_n$ に相当する。また、図6 (a)、図6 (b)、図7 (a) および図7 (b) においては二つの気筒についてのみしか示されていないが、実際に

は他の気筒、例えば四気筒の場合には残りの二つの気筒についても同様な偏差が算出される。なお、他の実施形態においては各気筒に対して得られた上記指標  $X_{fn}$  の平均値  $X_{avg}$  ( $=\sum X_{fn}/n$ ) を算出し、平均値  $X_{avg}$  と各指標  $X_{fn}$  との偏差 ( $=X_{avg}-X_{fn}$ ) を偏差  $\Delta X_{fn}$  または後述する  $\Delta X_{sn}$  としてもよい。

#### 【0043】

次いでステップ104においては、開弁特性を第二開弁特性とした時の燃焼状態の指標  $X_{sn}$  が気筒毎に検出される。これは図5の制御ルーチンのステップ101と同様の制御ステップである。本制御ルーチンによる制御においても、この第二開弁特性においては上記第一開弁特性の時よりも作用角および/またはリフト量が小さくされる。従って、第二開弁特性時には吸気量は比較的小さくなる。なお、開弁特性制御装置によって作用角とリフト量的一方のみを制御する実施形態の場合には作用角またはリフト量が上記第一開弁特性の時よりも小さくされる。

#### 【0044】

更に、ステップ104において開弁特性を第二開弁特性とした時の吸気量、ならびに回転数および機関負荷は、ステップ101において開弁特性が第一開弁特性であった時と同じになるようにされる。すなわち、開弁特性制御装置57が正常に作動しているとすれば各開弁特性の時に同じ吸気量等になるようにスロットル弁56が制御される。なお、当然のことながら、ステップ104で検出する燃焼状態の指標  $X_{sn}$  はステップ101で検出した燃焼状態の指標  $X_{fn}$  と同種類のものとされる。

#### 【0045】

ステップ104において気筒毎に第二開弁特性での上記燃焼状態の指標  $X_{sn}$  が検出されると、ステップ105に進む。ステップ105においては指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差 ( $X_{fn}-X_{fr}$ ) を求め、次いで、この差の絶対値  $|X_{fn}-X_{fr}|$  が所定の値  $C1'$  よりも大きいかな否かが判定される。ステップ105における所定の値  $C1'$  はゼロより大きい値である。前述した所定の値  $C1$  の場合と同様に、所定の値  $C1'$  も負荷  $L$  および機関回転数  $N$  の関数としてマッ

プの形でECU 27内に記憶されている。なお、ステップ103を通過している場合には偏差 $\Delta X_{fn}$ の絶対値を直接的に使用するようにしてもよい。ステップ105において絶対値 $|X_{fn} - X_{fr}|$ が所定の値 $C1'$ よりも大きいと判定された場合にはステップ106に進み、絶対値 $|X_{fn} - X_{fr}|$ が所定の値 $C1'$ よりも大きくないと判定された場合にはステップ107に進む。

#### 【0046】

ここで、上記ステップ105における前述した判定について説明する。開弁特性制御装置57にバラツキがある場合、つまり開弁特性にバラツキがある場合には気筒間の吸気量に差が発生するが、作用角やリフト量が小さい程、その影響が大きくなることがわかっている。一方、作用角やリフト量が大きい程、開弁特性のバラツキに基づく指標への影響は小さい。そして、作用角やリフト量が或る程度以上の値であれば、開弁特性のバラツキの影響はほとんど無視できると考えることができる。このため、作用角やリフト量が比較的大きいとき、すなわち第一開弁特性時に前述した指標に対する影響が検出される場合には、この原因は、開弁特性制御装置57のバラツキによるものではなくて、開弁特性制御装置57以外の部分、本発明では燃料噴射装置による燃料噴射量のバラツキによるものと判断することができる。すなわち、ステップ105のように指標 $X_{fn}$ と基準値 $X_{fr}$ との差 $(X_{fn} - X_{fr})$ の絶対値 $|X_{fn} - X_{fr}|$ が所定の値 $C1'$ よりも大きい場合には、燃料噴射量のバラツキが生じているものと判断することができる。一方、作用角やリフト量が比較的小さいとき、すなわち第二開弁特性時に前述した指標に対する影響が発生した場合には、この原因は開弁特性制御装置57による開弁特性のバラツキが生じているだけでなく開弁特性制御装置57以外の部分である燃料噴射装置による燃料噴射量のバラツキが混在している。

#### 【0047】

そして指標 $X_{fn}$ と基準値 $X_{fr}$ との差 $(X_{fn} - X_{fr})$ の絶対値 $|X_{fn} - X_{fr}|$ が所定の値 $C1'$ よりも大きい場合にはステップ106に進む。ステップ106においては、ステップ104で算出した第二の開弁特性時における指標 $X_{sn}$ から、指標 $X_{fn}$ と基準値 $X_{fr}$ との差 $(X_{fn} - X_{fr})$ を減じることによって、第二の開弁特性に関する新たな指標 $X_{sn}'$  ( $=X_{sn} - (X_{fn} - X_{fr})$ )

$-X_{fr})$  ) を各気筒毎に算出する。例えば内燃機関が四気筒の場合には  $X_{s1}' (=X_{s1} - (X_{f1} - X_{fr})) \sim X_{s4}' (=X_{s4} - (X_{f4} - X_{fr}))$  ) までの四つの新たな指標が算出される。ここで、差  $(X_{fn} - X_{fr})$  は絶対値ではなく、正負の符号を含んだ状態のままである。従って、差  $(X_{fn} - X_{fr})$  が正の値である場合には新たな指標  $X_{sn}'$  は元の指標  $X_{sn}$  よりも小さくなり、差  $(X_{fn} - X_{fr})$  が負の値である場合には新たな指標  $X_{sn}'$  は元の指標  $X_{sn}$  よりも大きくなる。このように、燃料噴射量のバラツキ分  $(X_{fn} - X_{fr} = \Delta X_{fn})$  を補正してやることによって、燃料噴射量のバラツキの影響を含んでいない新たな指標  $X_{sn}'$  を算出することができる。従って、新たな指標  $X_{sn}'$  は開弁特性のバラツキのみを表すこととなる。

#### 【0048】

次いでステップ107においては、ステップ104で得られた指標  $X_{sn}$  またはステップ106で得られた新たな指標  $X_{sn}'$  とこれら指標について予め定めた基準値  $X_{sr}$  との差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ）の絶対値が算出される。すなわち新たな指標  $X_{sn}'$  が算出されなかった場合（ステップ105でNO判定された場合）には指標  $X_{sn}$ （四気筒の場合には  $X_{s1} \sim X_{s4}$ ）と基準値  $X_{sr}$  との差の絶対値  $(|X_{sn} - X_{sr}|)$  が算出される。そして、ステップ106で新たな指標  $X_{sn}'$  が気筒毎に算出された場合には、新たな指標  $X_{sn}'$ （四気筒の場合には  $X_{s1}' \sim X_{s4}'$ ）と基準値  $X_{sr}$  との差の絶対値  $(|X_{sn}' - X_{sr}|)$  が算出される。この基準値  $X_{sr}$  は、上記基準値  $X_{fr}$  と同様、各運転状態におけるその指標に関する正常な値もしくは目標とする値である。さらにステップ107ではこれら差の絶対値  $(|X_{sn} - X_{sr}|)$ 、または  $(|X_{sn}' - X_{sr}|)$  が所定の値  $C2$  よりも大きいかが判定される。上記ステップ107における所定の値  $C2$  はゼロより大きい値である。図8(b)は所定の値  $C2$  のマップを示す図である。図8(b)に示されるように、所定の値  $C2$  は負荷  $L$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で ECU 27 内に記憶されている。ステップ107において、差の絶対値  $(|X_{sn} - X_{sr}|)$ 、または  $(|X_{sn}' - X_{sr}|)$  が所定の値  $C2$  よりも大きいと判定された場合にはステップ108に進む。一方、ステップ107において前述した差

の絶対値が所定の値よりも大きくないと判定された場合には、開弁特性のバラツキが存在していないと判定されて処理を終了する。なお、所定の基準値  $X_{sr}$  が指標  $X_{s1}$  から  $X_{s4}$  までの平均値  $X_{avg} (= \sum X_{sn} / n)$  であってもよい。

#### 【0049】

ステップ108においては、ステップ104で得られた指標  $X_{sn}$  またはステップ106で得られた新たな指標  $X_{sn}'$  とこれら指標について予め定めた基準値  $X_{sr}$  との差（より詳細には予め定めた基準値との差の大きさ） $\Delta X_{sr}$  が気筒毎に算出される。この基準値  $X_{sr}$  は、上記基準値  $X_{fr}$  と同様、各運転状態におけるその指標に関する正常な値もしくは目標とする値である。例えば前述した第一開弁特性の場合とは異なる第二開弁特性時についての図6（a）に示される関係が得られたとすると、通常運転時における値、例えば  $X_{A0}$  が基準値  $X_{sr}$  に相当している。そしてこの  $X_{A0}$  と各気筒における値、例えば  $X_{A1}$  との差、例えば  $\Delta X_{A1}$  が、偏差  $\Delta X_{sn}$  として算出される。従って、この場合には図6（a）における  $\Delta X_{A1}$ 、 $\Delta X_{A2}$  がステップ108における偏差  $\Delta X_{sn}$  に相当する。前述した場合と同様に、図6（b）における  $\Delta X_{B1}$ 、 $\Delta X_{B2}$ 、図7（a）における  $\Delta X_{C1}$ 、 $\Delta X_{C2}$ 、および図7（b）における  $\Delta X_{D1}$ 、 $\Delta X_{D2}$  も偏差  $\Delta X_{sn}$  に相当する。ステップ108により、各気筒（第一から第四気筒）の燃焼状態の指標  $X_{sn}$  または新たな指標  $X_{sn}'$  と基準値  $X_{sr}$  との差（すなわち、気筒毎偏差） $\Delta X_{sn}$ （つまり、 $\Delta X_{s1} = X_{s1} - X_{sr}$ 、 $\Delta X_{s2} = X_{s2} - X_{sr}$ 、 $\Delta X_{s3} = X_{s3} - X_{sr}$ 、 $\Delta X_{s4} = X_{s4} - X_{sr}$ 、または  $\Delta X_{s1} = X_{s1}' - X_{sr}$ 、 $\Delta X_{s2} = X_{s2}' - X_{sr}$ 、 $\Delta X_{s3} = X_{s3}' - X_{sr}$ 、 $\Delta X_{s4} = X_{s4}' - X_{sr}$ ）が得られ、処理を終了する。前述したように第二の開弁特性時の指標  $X_{sn}$  においては、燃料噴射量のバラツキと開弁特性のバラツキとが混在するが、本発明においては燃料噴射量のバラツキが存在する場合にはこれを補正している（指標  $X_{sn}$  から差（ $X_{fn} - X_{fr}$ ）を減算）ので、基準値  $X_{sr}$  からの偏差  $\Delta X_{sn}$  を算出することによって開弁特性のバラツキのみを算出することができる。

#### 【0050】

図9 (a) は例として四つの気筒 (#1 ~ #4) を備えた内燃機関のうちの任意の気筒 #1 および気筒 #2 における第一の開弁特性時における指標  $X_{fn}$  を示す図である。また、図9 (b) は任意の気筒 #1、#2 における第二の開弁特性時における指標  $X_{sn}$  を示す図である。これら図面に示される点線  $X$  は基準値であり、図6 (a) における  $XA0$ 、図6 (b) における  $XB0$ 、図7 (a) における  $XC0$  および図7 (b) における  $XD0$  に相当する。図9 (a) に示されるように気筒 #1 および気筒 #2 における第一の開弁特性時の指標  $X_{fn}$  が概ね等しいか、または図示しないもののこれらが所定の値  $C1$  を越えない程度にわずかながらズレている場合には、図5のステップ102において指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差の絶対値 ( $|X_{fn} - X_{fr}|$ ) が所定の値  $C1$  より大きくないと判定 (NO判定) される。従って、この場合にはステップ103を通過することなしにステップ104に進むこととなる。そして、指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差 ( $X_{fn} - X_{fr}$ ) の絶対値  $|X_{fn} - X_{fr}|$  が所定の値  $C1'$  よりも大きくない場合には、ステップ106において燃料噴射量のバラツキ分を補正することはない。すなわち燃料噴射量のバラツキが生じていないと判断される。さらに、図9 (b) に示されるように気筒 #1 および気筒 #2 における第二の開弁特性時の指標  $X_{sn}$  が概ね等しいか、または図示しないもののこれらが所定の値  $C2$  を越えない程度にわずかながらズレている場合には、ステップ107において指標  $X_{sn}$  と基準値  $X_{sr}$  との差の絶対値 ( $|X_{sn} - X_{sr}|$ ) が所定の値  $C2$  より大きくないと判定 (NO判定) される。つまり、この場合には開弁特性のバラツキも生じていないと判断される。

#### 【0051】

図10 (a) および図10 (b) は、他の場合の任意の気筒 #1、#2 における第一および第二の開弁特性時における指標  $X_{sn}$  を示す図9 (a) および図9 (b) と同様の図である。点線  $X$  については前述したとおりである。図10 (a) に示されるように気筒 #1 および気筒 #2 における第一の開弁特性時の指標  $X_{fn}$  が概ね等しいか、または図示しないもののこれらが所定の値  $C1$  を越えない程度にわずかながらズレている場合には、前述したようにステップ102においてNO判定されて、ステップ104に進む。そして、指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  と



の差 ( $X_{fn} - X_{fr}$ ) の絶対値  $|X_{fn} - X_{fr}|$  が所定の値  $C1'$  よりも大きくない場合には、ステップ 106 において燃料噴射量のバラツキ分を補正することはない。すなわち燃料噴射量のバラツキは生じていないものと判断される。一方、第二の開弁特性時における指標  $X_{sn}$  が図 10 (b) に示されるように指標  $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$  は基準線  $X$  から互いに反対方向にずれている。このような場合には図 5 に示されるプログラム 100 のステップ 107 において指標  $X_{sn}$  と基準値  $X_{sr}$  との差の絶対値 ( $|X_{sn} - X_{sr}|$ ) が所定の値  $C2$  より大きいと判定 (YES 判定) されうる。そして、ステップ 108 において偏差  $\Delta X_{sn}$  ( $\Delta X_{s1}$  および  $\Delta X_{s2}$ ) が算出される。つまり、この場合には開弁特性のバラツキのみが生じていると判断される。

#### 【0052】

ところで、図 5 のプログラム 100 のステップ 102 において第一の開弁特性時の指標  $X_{fn}$  と基準値  $X_{fr}$  との差の絶対値 ( $|X_{fn} - X_{fr}|$ ) が所定の値  $C1$  より大きいと判定される (YES 判定) 場合には、少なくとも三つのパターンに分類できる。図 11 は、図 5 のステップ 102 において YES 判定された際のさらに三つのパターンを説明するためのフローチャートである。従って、図 11 を参照しつつ、これら三つのパターンについて説明する。

#### 【0053】

まず、図 11 に示されるステップ 201 において図 5 のステップ 103 で算出した偏差  $\Delta X_{fn}$  の正負の符号とステップ 108 で算出される偏差  $\Delta X_{sn}$  の正負の符号とが等しいか否かが判定される。これら偏差  $\Delta X_{fn}$  と偏差  $\Delta X_{sn}$  との符号が等しい場合には、ステップ 202 に進む。ステップ 202 においては、これら偏差  $\Delta X_{fn}$  の絶対値  $|\Delta X_{fn}|$  と偏差  $\Delta X_{sn}$  の絶対値  $|\Delta X_{sn}|$  とが互いに等しいか、すなわち  $|\Delta X_{fn}| = |\Delta X_{sn}|$  であるか否かが判定される。そして、ステップ 202 において  $|\Delta X_{fn}| = |\Delta X_{sn}|$  であると判定された場合には、ステップ 203 に進む。

#### 【0054】

図 12 (a) から図 12 (c) は図 11 のステップ 203 に進む場合の指標  $X_{fn}$ 、指標  $X_{sn}$ 、および補正後の新たな指標  $X_{sn}'$  をそれぞれ示す図である

。図12 (a) に示される第一の開弁特性時における指標  $X_{f1}$ 、 $X_{f2}$  は基準値  $X$  からそれぞれ  $\Delta X_{f1}$ 、 $\Delta X_{f2}$  だけ互いに反対方向にズレている。一方、図12 (b) に示されるように第二の開弁特性時における指標  $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$  も基準値  $X$  からそれぞれ  $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s2}$  だけ互いに反対方向にズレている。そして、 $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s2}$  のズレ方向は、図12 (a) に示される  $\Delta X_{f1}$ 、 $\Delta X_{f2}$  のズレ方向に等しくなっており、従って、ステップ201においてYES判定される。また、図12 (a) および図12 (b) から分かるように、これら  $\Delta X_{f1}$  の絶対値  $|\Delta X_{f1}|$  と  $\Delta X_{s1}$  の絶対値  $|\Delta X_{s1}|$  とが等しくなっていると共に、 $\Delta X_{f2}$  の絶対値  $|\Delta X_{f2}|$  と  $\Delta X_{s2}$  の絶対値  $|\Delta X_{s2}|$  とが等しくなっている。すなわち  $|\Delta X_{fn}| = |\Delta X_{sn}|$  が成立しており、ステップ202においてYES判定される。そして、 $|\Delta X_{fn}| = |\Delta X_{sn}|$  が成立しているために、図5のステップ106における補正により得られた新たな指標  $X_{sn}'$  に関する  $\Delta X_{sn}$  は図12 (c) に示されるように概ねゼロとなる。すなわち、この場合には補正前 (図12 (b)) においては偏差  $\Delta X_{sn}$  が存在していて、開弁特性のバラツキが存在しているように見えるものの、前述した補正を行うことによって、実際には偏差  $\Delta X_{sn}$  は存在しておらず、従って、開弁特性のバラツキは発生していないことが分かる (図12 (c) を参照されたい)。

#### 【0055】

再び図11を参照すると、ステップ202において偏差  $\Delta X_{fn}$  の絶対値  $|\Delta X_{fn}|$  と偏差  $\Delta X_{sn}$  の絶対値  $|\Delta X_{sn}|$  とが等しくない、すなわち  $|\Delta X_{fn}| \neq |\Delta X_{sn}|$  であると判定された場合にはステップ204に進むこととなる。図13 (a) から図13 (c) はステップ204に進む場合の指標  $X_{fn}$ 、指標  $X_{sn}$ 、および補正後の新たな指標  $X_{sn}'$  をそれぞれ示す図である。図13 (a) は図12 (a) とほぼ同じであるので説明を省略する。一方、図13 (b) に示されるように第二の開弁特性時における指標  $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$  も基準値  $X$  からそれぞれ  $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s2}$  だけ互いに反対方向にズレており、これら  $\Delta X_{s1}$ 、 $\Delta X_{s2}$  のズレ方向は、図13 (a) に示される  $\Delta X_{f1}$ 、 $\Delta X_{f2}$  のズレ方向にそれぞれ等しくなっている。従って、ステップ201においてYES

判定される。

【0056】

しかしながら、図13 (a) および図13 (b) から分かるように、 $\Delta X_{s1}$  の絶対値  $|\Delta X_{s1}|$  は  $\Delta X_{f1}$  の絶対値  $|\Delta X_{f1}|$  よりも大きくなっており、また  $\Delta X_{s2}$  の絶対値  $|\Delta X_{s2}|$  も  $\Delta X_{f2}$  の絶対値  $|\Delta X_{f2}|$  より大きくなっている。すなわち、この場合には  $|\Delta X_{fn}| \neq |\Delta X_{sn}|$  となっており、従って、ステップ202においてNO判定される。そして、この場合に図5のステップ106における補正により新たな指標  $X_{sn}'$  ( $=X_{sn} - (X_{fn} - X_{fr})$ ) を算出すると、新たな指標  $X_{sn}'$  は図13 (c) に示されるようになる。すなわち、補正後の新たな指標  $X_{sn}'$  に基づく  $\Delta X_{sn}$  (図13 (c)) は、補正前の  $\Delta X_{sn}$  (図13 (b)) のズレ方向と等しくなっているが、補正後の  $\Delta X_{sn}$  の絶対値  $|\Delta X_{sn}|$  は、補正前の  $\Delta X_{sn}$  の絶対値  $|\Delta X_{sn}|$  よりも小さくなっている。すなわち、この場合には補正前 (図13 (b)) においては偏差  $\Delta X_{sn}$  は比較的大きくなっており、従って、開弁特性のバラツキと燃料噴射量のバラツキとの合計は比較的大きいように見えるが、実際には補正後における新たな偏差  $\Delta X_{sn}$  は比較的小さくなっているのが分かる。すなわち、この場合には補正前の偏差  $\Delta X_{sn}$  のうちの大部分は燃料噴射量のバラツキに基づくものであり、開弁特性のバラツキ自体は実際には比較的小さかったことが分かる。

【0057】

再び図11を参照すると、前述したステップ201において偏差  $\Delta X_{fn}$  の正負の符号と偏差  $\Delta X_{sn}$  の正負の符号とが等しくないと判定された場合にはステップ205に進む。図14 (a) から図14 (c) はステップ205に進みうる一つの或る場合の指標  $X_{fn}$ 、指標  $X_{sn}$ 、および補正後の新たな指標  $X_{sn}'$  をそれぞれ示す図である。図14 (a) に示されるように第一の開弁特性時における指標  $X_{f1}$ 、 $X_{f2}$  は基準値  $X$  からそれぞれ  $\Delta X_{f1}$ 、 $\Delta X_{f2}$  だけ互いに反対方向にズレている。一方、図14 (b) においては第二の開弁特性時における指標  $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$  は基準値  $X$  からズレていないか、またはこれら指標  $X_{s1}$ 、 $X_{s2}$  が図14 (a) における  $\Delta X_{f1}$ 、 $\Delta X_{f2}$  のズレ方向に対してそれぞれ

れ反対方向にわずかながらズレていてもよい。次いで、前述したステップ106における指標 $Xs_n$ に関する補正を行うと、補正後の新たな指標 $Xs_n'$ は図14(c)に示されるようになる。すなわち、図14(a)に示される燃料噴射量のバラツキ分が補正されるので、補正後の新たな指標 $Xs_1'$ 、 $Xs_2'$ は基準値 $X$ から $\Delta Xs_1$ 、 $\Delta Xs_2$ だけズレるようになる。特に、この場合には図14(b)に示されるように一見すると第二の開弁特性時の指標 $Xs_n$ のズレが存在しないので開弁特性のバラツキが生じていないように見えるが、前述した補正を行うことによって指標 $Xs_n$ のバラツキ、つまり開弁特性のバラツキが実際には発生していたことが分かる。

#### 【0058】

なお、以上では開弁特性を二つの異なる開弁特性（第一開弁特性及び第二開弁特性）に変化させる場合を例にとって説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、開弁特性を三つ以上の異なる開弁特性に変化させて、その時の上記指標の上記偏差や上記基準値との差の変化に基づいて開弁特性バラツキおよび燃料噴射量バラツキを検出するようにしてもよい。

#### 【0059】

このように、本発明においては第二の開弁特性時における偏差だけでなく、第一の開弁特性時における偏差をも考慮している。このように、異なる二つの開弁特性における燃焼状態の指標から各気筒の偏差を算出し、これら偏差を用いて補正することにより、気筒間のバラツキを正確に検出することが可能となる。特に、第二の開弁特性時における偏差 $\Delta Xs_n$ の実測値がゼロに近い場合には、開弁特性のバラツキが検出されない可能性があったが、本発明においてはこのような場合であっても開弁特性バラツキの発生の有無を正確に検出することが可能となる。また当然のことながら、前述した実施形態のうちのいくつかを適宜組み合わせることは本発明の範囲に含まれる。

#### 【0060】

##### 【発明の効果】

各発明によれば、異なる二つの開弁特性における燃焼状態の指標から各気筒の偏差を算出し、これら偏差を用いて補正することにより、気筒間のバラツキを正

確に算出することができるという共通の効果を奏しうる。

さらに、3番目の発明によれば、開弁特性のバラツキだけでなく噴射量のバラツキの発生の有無をも検出することができるという効果を奏しうる。

さらに、4番目の発明によれば、開弁特性のバラツキを正確に検出することが可能となるという効果を奏しうる。

さらに、8番目の発明によれば、比較的簡単な構成によって気筒間のバラツキの有無を正確に検出することができるという効果を奏しうる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

図1は、本発明の開弁特性制御装置が搭載された火花点火式内燃機関の断面図である。

##### 【図2】

図2は、図1に示した内燃機関の吸気系等を含めた概略構成図である。

##### 【図3】

図3は、仲介駆動機構の斜視図である。

##### 【図4】

図4は、開弁特性制御装置の概略構成を示す説明図である。

##### 【図5】

本発明における内燃機関の気筒間バラツキ検出装置の動作のためのプログラムのフローチャートを示す図である。

##### 【図6】

(a) 本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、クランク角速度が示されている。

(b) 本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、クランク角が $90^\circ$ 回転するのに要する時間が示されている。

##### 【図7】

(a) 本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、排気空燃比が示されている。

(b) 本発明における燃焼状態の指標の例を説明するための図であり、筒内圧

力が示されている。

【図 8】

- (a) 所定の値 C 1 のマップを示す図である。
- (b) 所定の値 C 2 のマップを示す図である。

【図 9】

- (a) 第一の開弁特性時における指標 X f n を示す図である。
- (b) 第二の開弁特性時における指標 X s n を示す図である。

【図 10】

- (a) 他の場合の第一の開弁特性時における指標 X f n を示す図である。
- (b) 他の場合の第二の開弁特性時における指標 X s n を示す図である。

【図 11】

図 5 のステップ 102 において Y E S 判定された際のさらに三つのパターンを説明するためのフローチャートである。

【図 12】

- (a) 図 11 のステップ 203 に進む場合の指標 X f n を示す図である。
- (b) 図 11 のステップ 203 に進む場合の指標 X s n を示す図である。
- (c) 図 11 のステップ 203 に進む場合の新たな指標 X s n ' を示す図である。

【図 13】

- (a) 図 11 のステップ 204 に進む場合の指標 X f n を示す図である。
- (b) 図 11 のステップ 204 に進む場合の指標 X s n を示す図である。
- (c) 図 11 のステップ 204 に進む場合の新たな指標 X s n ' を示す図である。

【図 14】

- (a) 図 11 のステップ 205 に進みうる一つの或る場合の指標 X f n を示す図である。
- (b) 図 11 のステップ 205 に進みうる一つの或る場合の指標 X s n を示す図である。
- (c) 図 11 のステップ 205 に進みうる一つの或る場合の新たな指標 X s n

’ を示す図である。

【符号の説明】

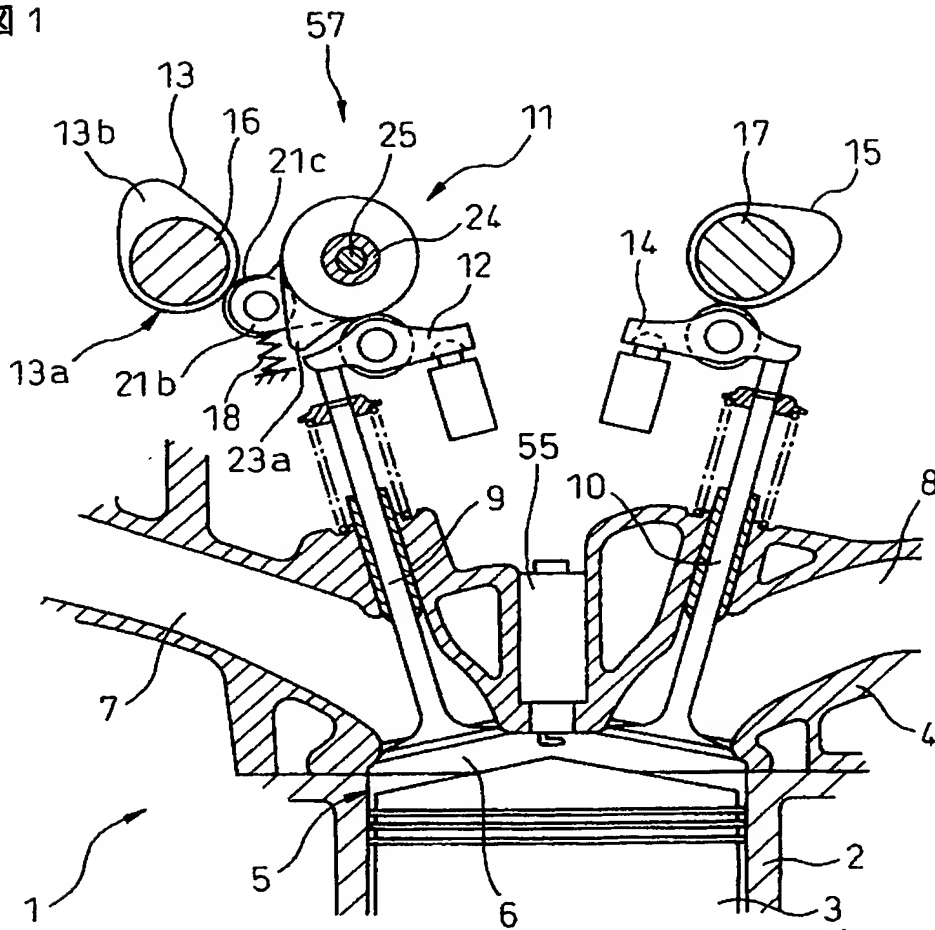
- 1 … 内燃機関（機関本体）
- 9 … 吸気弁
- 1 0 … 排気弁
- 1 1 … 仲介駆動機構
- 1 3 … 吸気カム
- 1 5 … 排気カム
- 2 7 … 電子制御ユニット（E C U）
- 2 8 … 位置センサ（開弁特性センサ）
- 3 0 … クランク角センサ
- 5 6 … スロットル弁
- 5 7 … 開弁特性制御装置
- 5 8 a、5 8 b … 空燃比センサ

【書類名】

図面

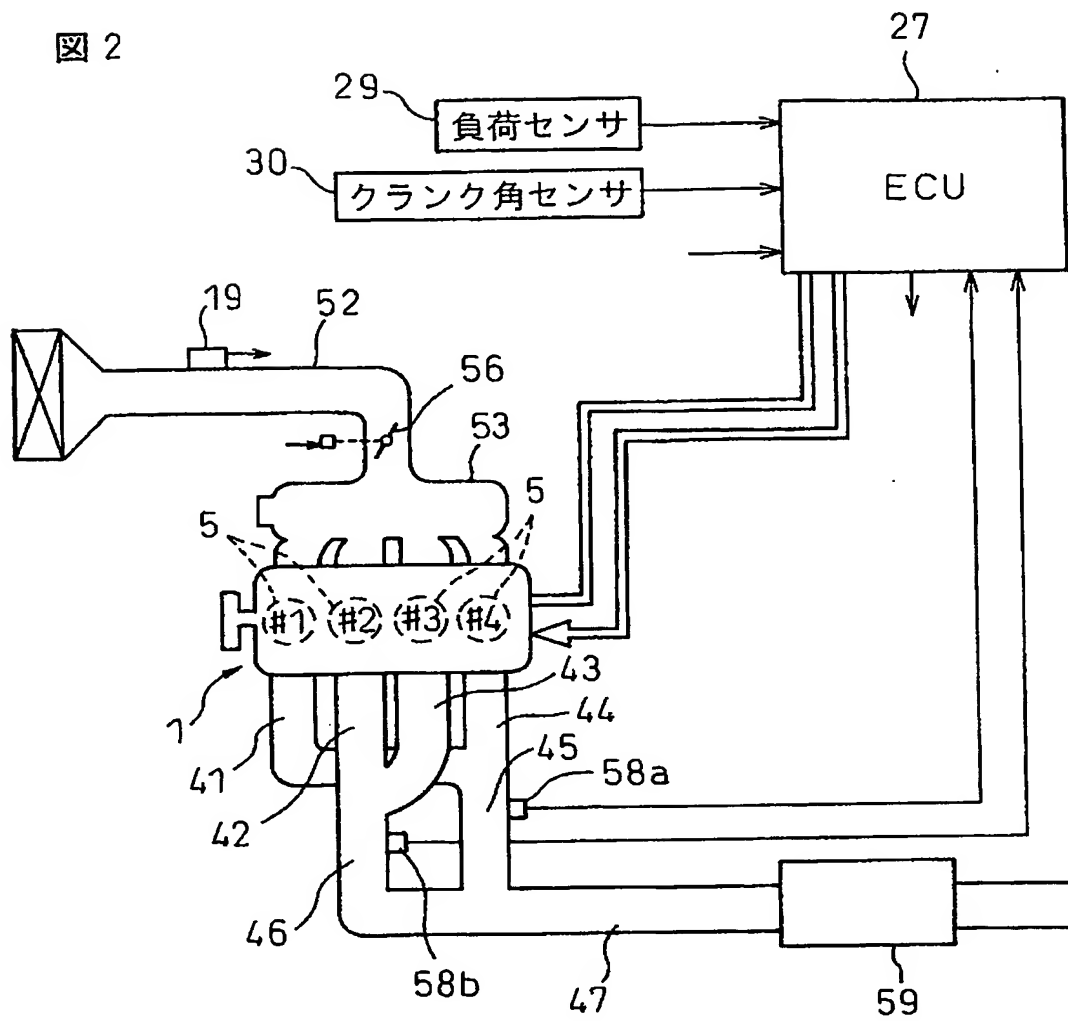
【図 1】

図 1



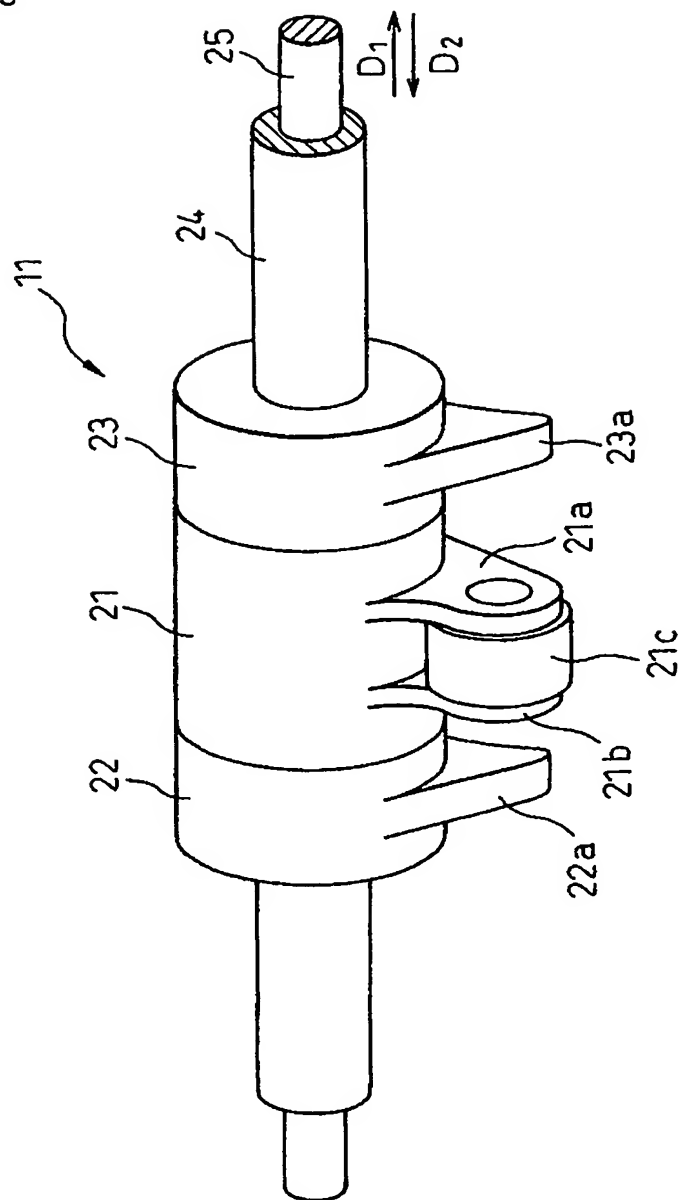


【図 2】



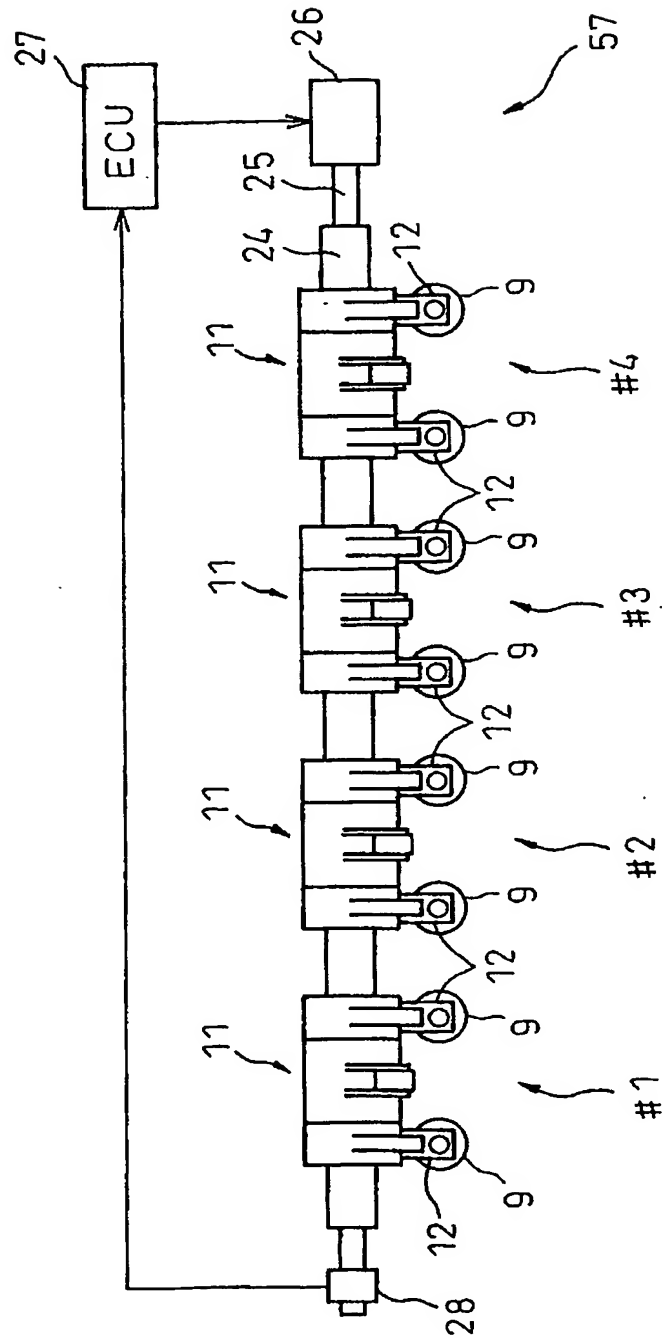
【図 3】

図 3

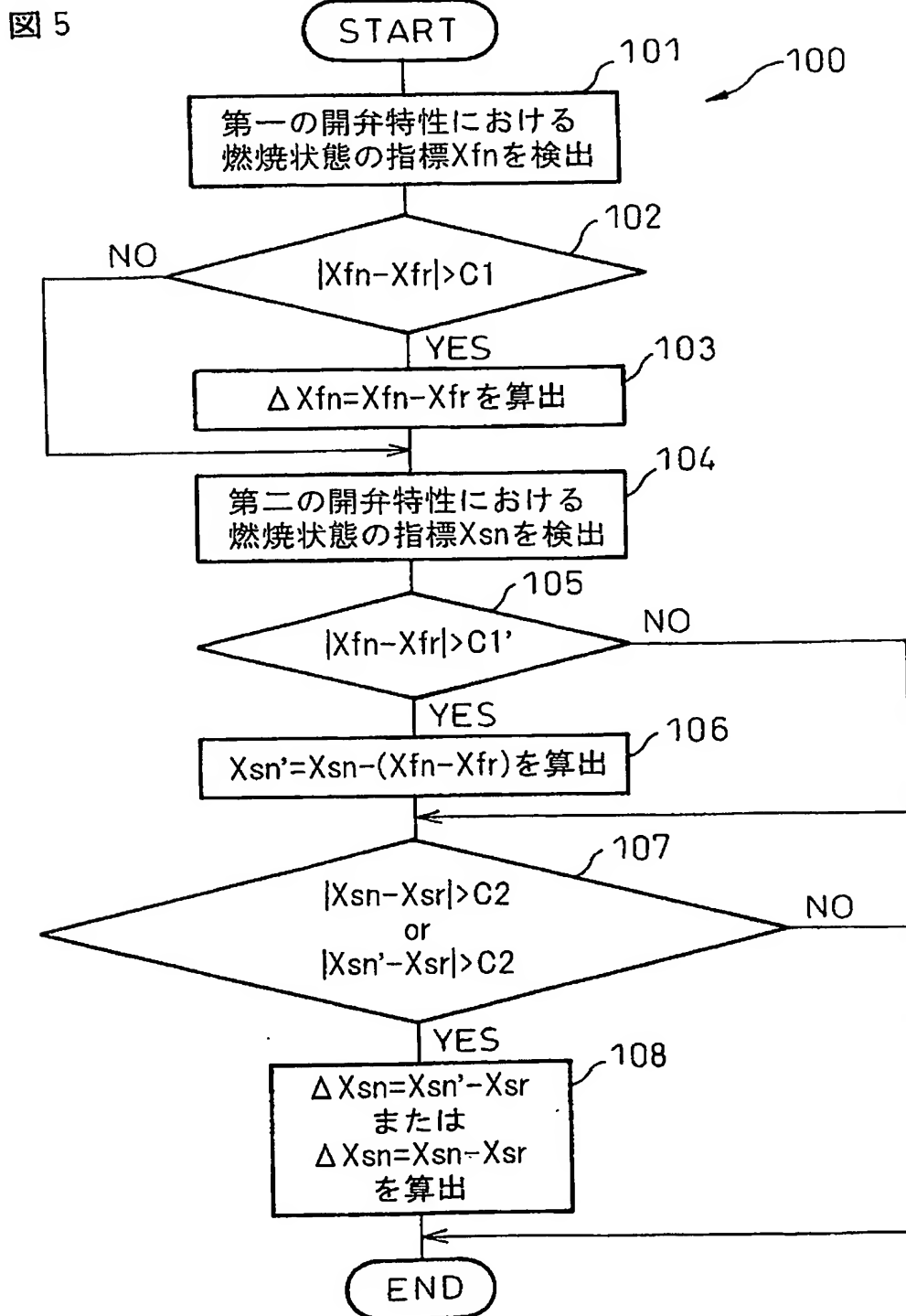


【図4】

図4



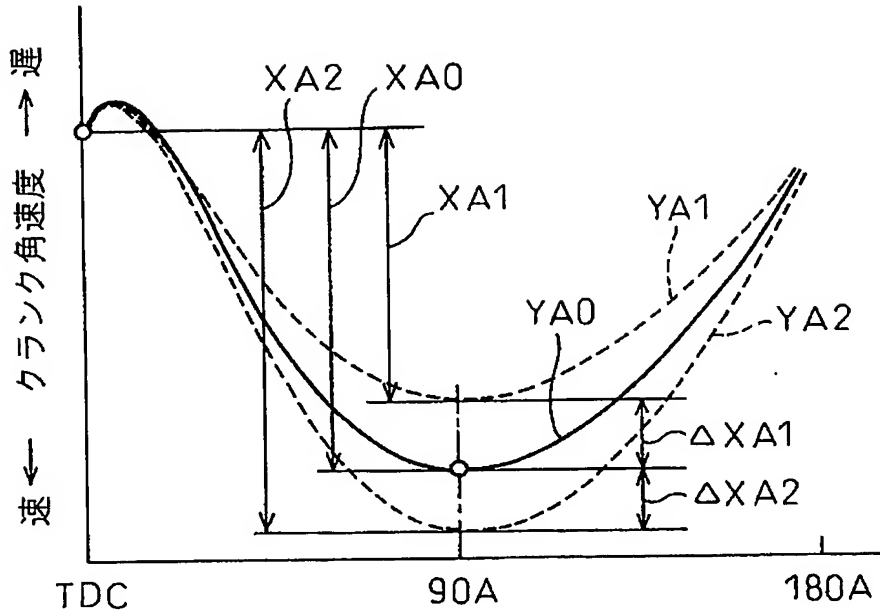
【図 5】



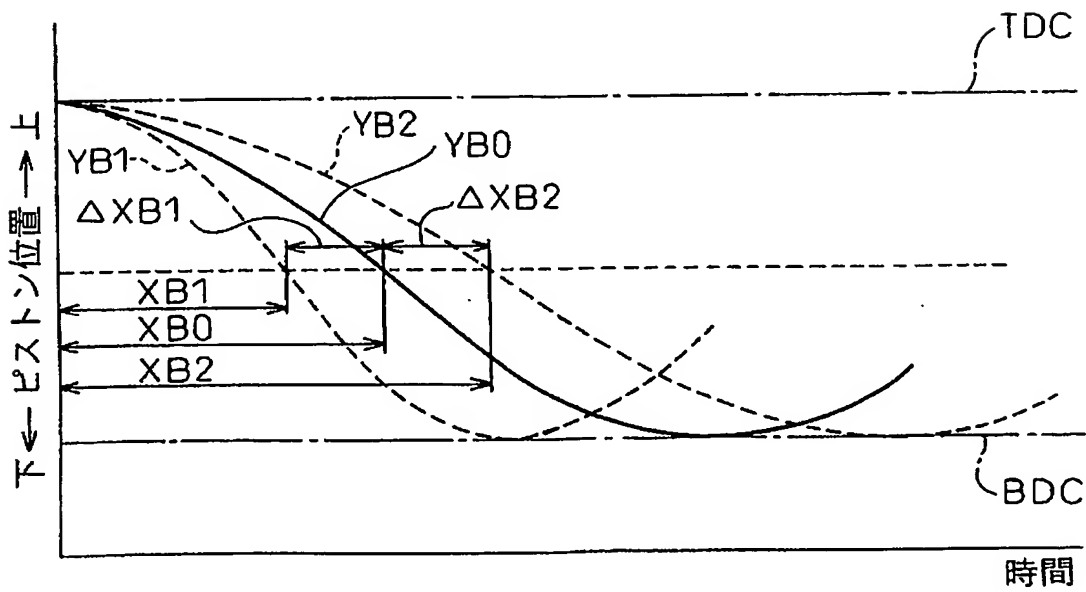
【図 6】

図 6

(a)



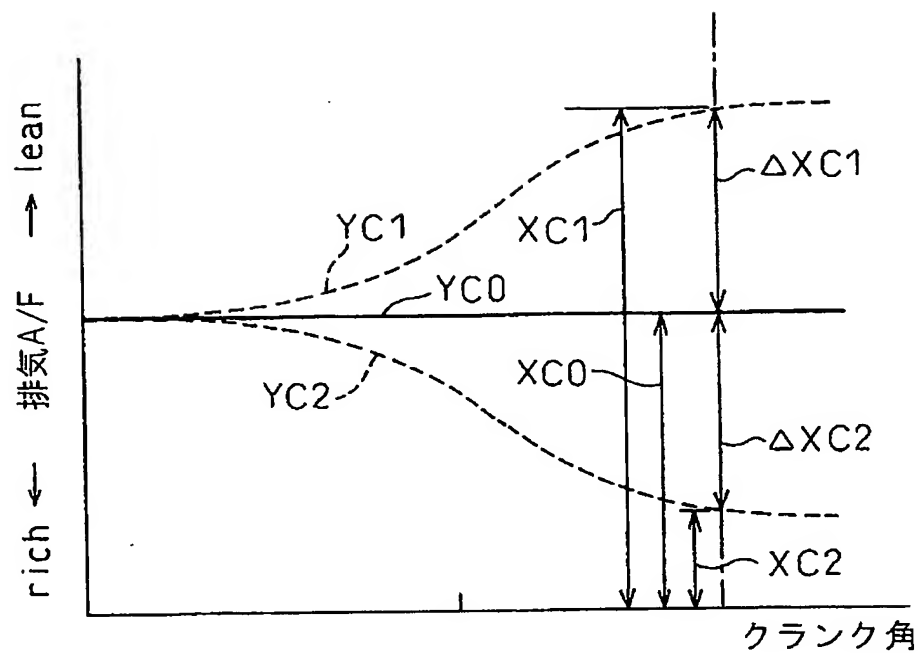
(b)



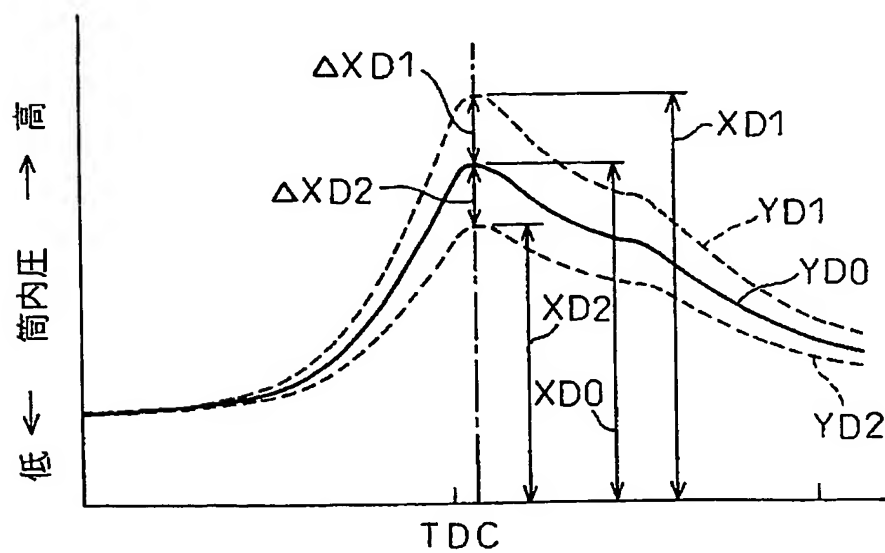
【図 7】

図 7

(a)



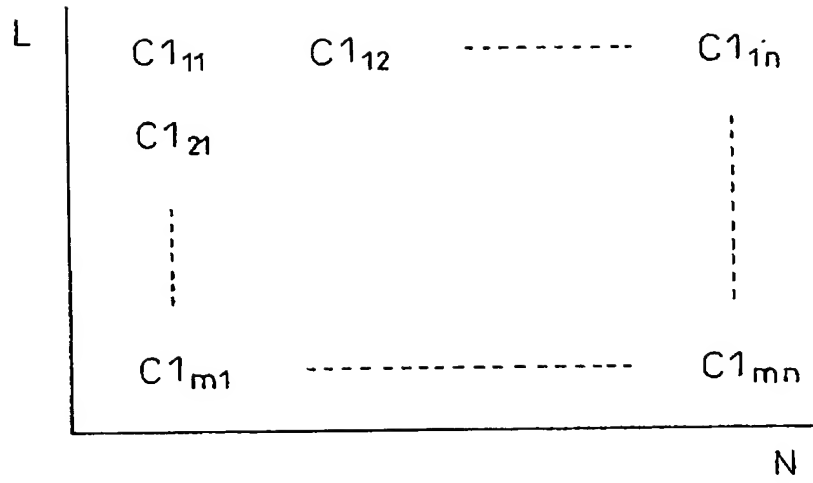
(b)



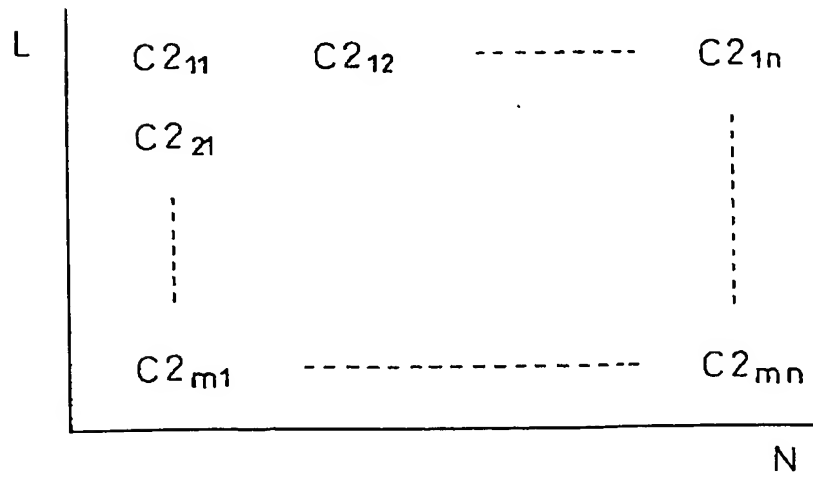
【図 8】

図 8

(a)



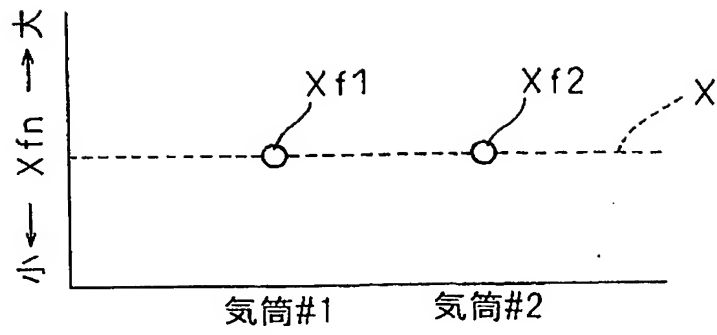
(b)



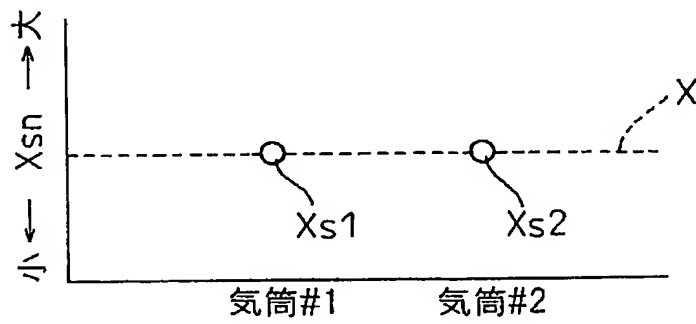
【図 9】

図 9

(a)



(b)

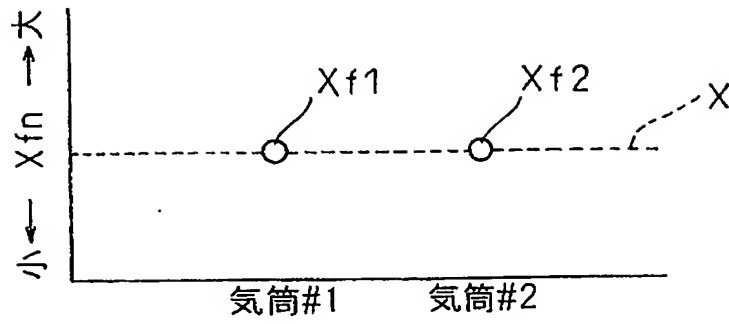




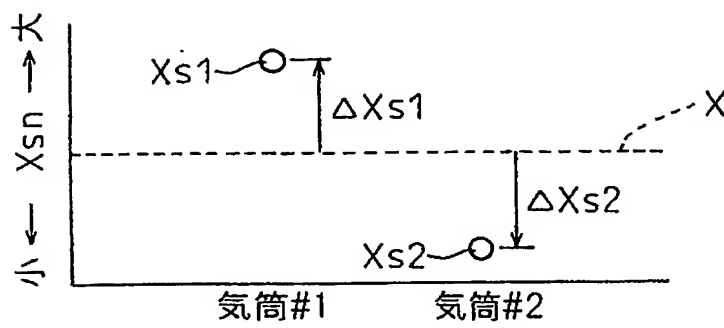
【図 10】

図10

(a)

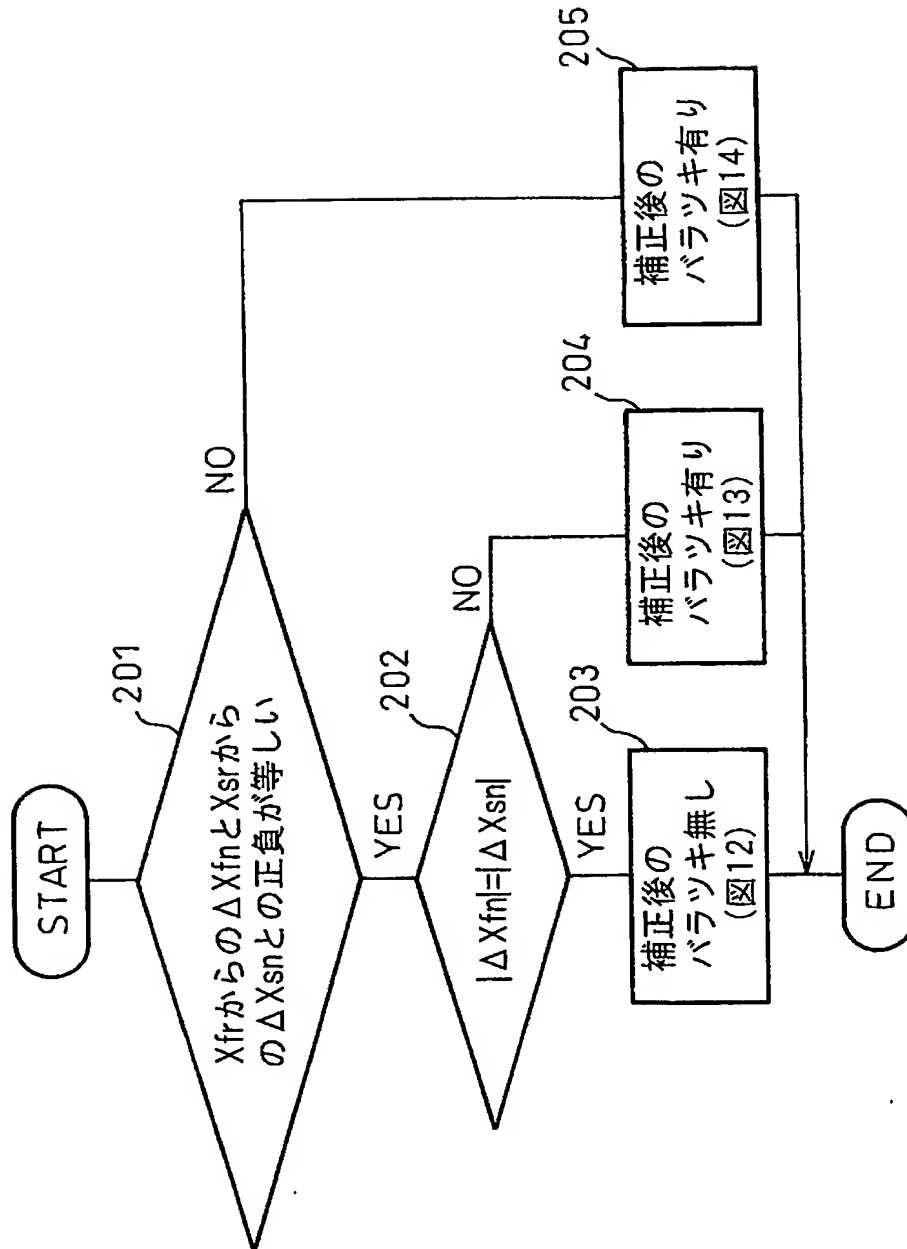


(b)



【図 11】

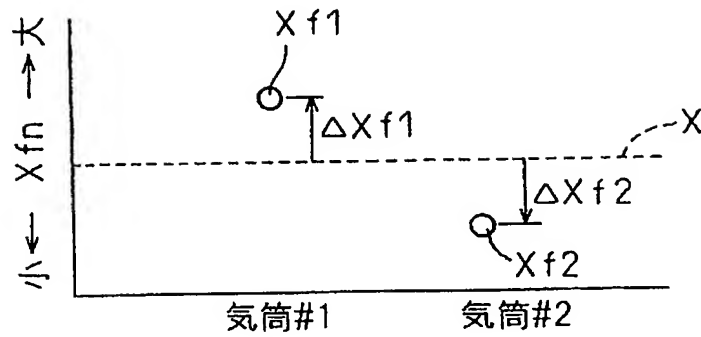
図 11



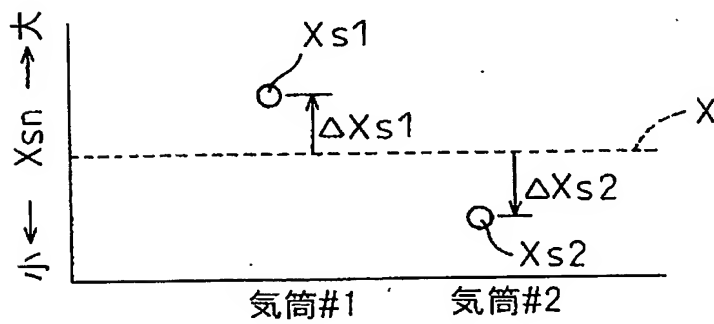
【図12】

図12

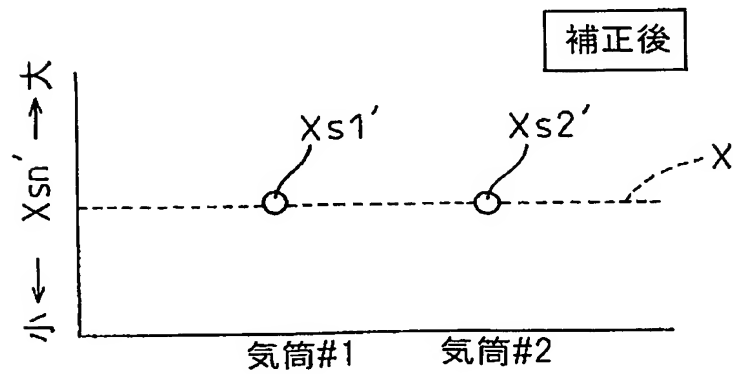
(a)



(b)



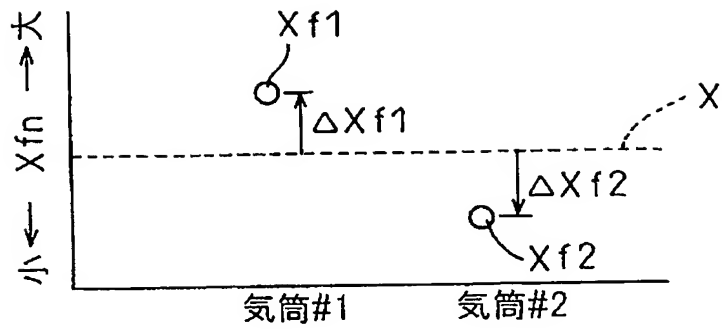
(c)



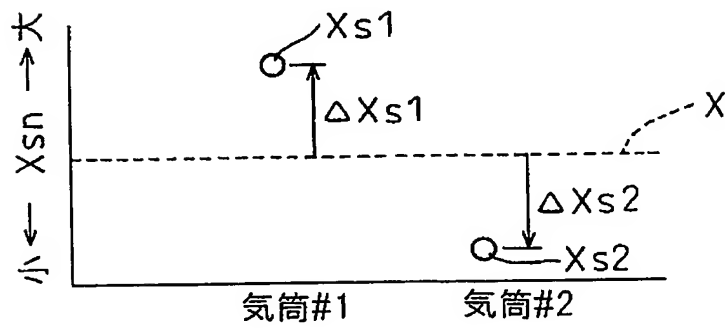
【図 13】

図 13

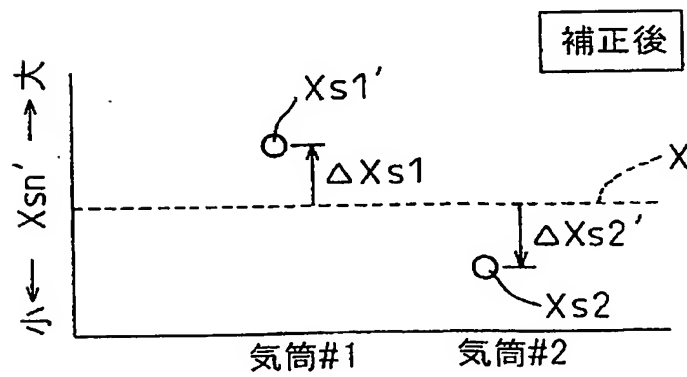
(a)



(b)



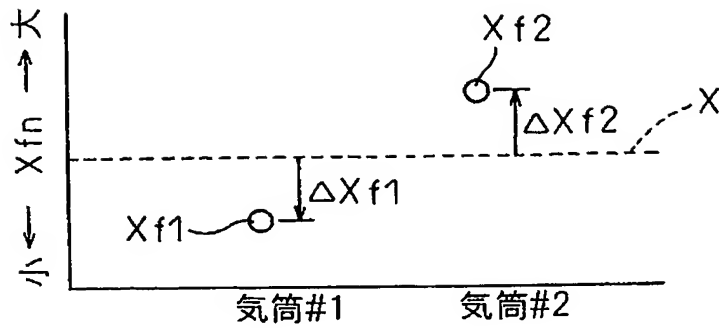
(c)



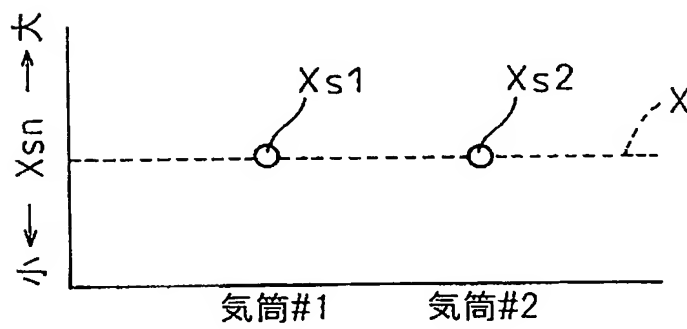
【図 14】

図 14

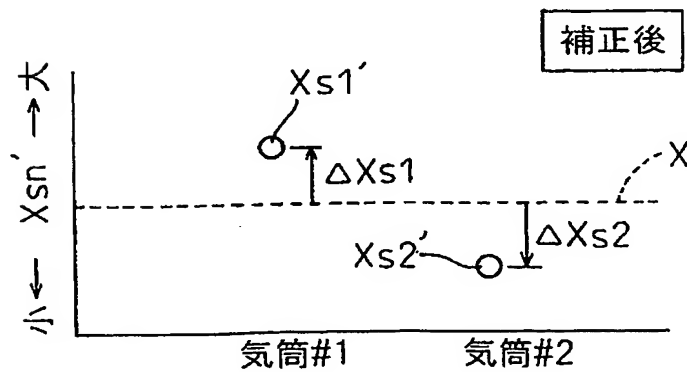
(a)



(b)



(c)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 開弁特性および燃料噴射量の気筒間のバラツキの発生を検出する。

【解決手段】 吸気弁（9）の作用角またはリフト量を変化させる開弁特性設定手段（57）を具備し、開弁特性設定手段は第一の開弁特性と該第一の開弁特性時よりも作用角またはリフト量が小さい第二の開弁特性とを設定できるようになっており、さらに、開弁特性設定手段によって設定される第一の開弁特性時と第二の開弁特性時とにおいて各気筒（#1～#4）内の燃焼状態の指標（ $X_{fn}$ 、 $X_{sn}$ ）を検出すると共にこれらの指標と基準値との偏差または平均値との偏差（ $\Delta X_{fn}$ 、 $\Delta X_{sn}$ ）を気筒別に算出する算出手段（27）と、算出手段により算出された第一の開弁特性時における各気筒毎の偏差（ $\Delta X_{fn}$ ）と第二の開弁特性時における各気筒毎の偏差（ $\Delta X_{sn}$ ）とを用いて気筒間のバラツキを検出する検出手段（27）とを具備する内燃機関の気筒間バラツキ検出装置が提供される。

【選択図】 図5

特願 2 0 0 3 - 1 9 9 8 1 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県豊田市トヨタ町 1 番地
氏 名	トヨタ自動車株式会社